

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ И РАСШИРЕНИЕ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Д. В. Варнаков<sup>1</sup>, А. В. Бугаев<sup>2</sup>, А. Н. Юденичев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Министерство просвещения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации», г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация.* В статье рассмотрены основные тенденции и технические проблемы, с которыми сталкиваются при внедрении цифровых технологий в технических системах, а также вопросы разработки новых методов контроля параметров, в целях осуществления прогнозирования и обеспечения управления различными технологическими процессами, проведения обслуживающих и ремонтных работ.

*Рассмотрено* текущее состояние, особенности развития отечественной электронной компонентной базы и условия для широкого внедрения систем контроля технологических процессов, глубокого уровня автоматизации технических систем с целью повышения их эффективности.

*Предложенная система* непрерывного контроля диагностических параметров, методов прогнозирования в контрольных режимах и индивидуальных карт технического состояния позволяет корректировать периодичность технического обслуживания и ремонта, прогнозировать остаточный ресурс агрегатов и систем, что позволяет рациональнее организовать технический сервис машин и оборудования.

*Ключевые слова:* цифровые технологии, методы контроля, параметры, прогнозирование, управление, технологические процессы, техническое обслуживание, ремонт, электронная компонентная база.

## **DEVELOPMENT OF METHODS OF CONTROL OF PARAMETERS AND EXPANSION OF THE COMPONENT BASE IN THE IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES**

**D. V. Varnakov<sup>3</sup>, A. V. Bugaev<sup>b</sup>, A. N. Yudenichev<sup>c</sup>**<sup>a</sup>*Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation* <sup>b</sup>*The Ministry of Education of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation*

*25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation*

*Abstract. The article discusses the main trends and technical problems encountered in the implementation of digital technologies in technical systems, as well as the development of new methods for monitoring parameters in order to predict and ensure the management of various technological processes, maintenance and repair work.*

*The current state, features of the development of the domestic electronic component base and conditions for the widespread introduction of technological process control systems, a deep level of automation of technical systems in order to increase their efficiency are considered.*

*The proposed system of continuous monitoring of diagnostic parameters, forecasting methods in control modes and individual technical condition maps allows you to adjust the frequency of maintenance and repair, predict the residual life of units and systems, which allows you to more rationally organize the technical service of machines and equipment.*

*Keywords: digital technologies, control methods, parameters, forecasting, control, technological processes, maintenance, repair, electronic component base.*

Совершенствование технологических процессов в агропромышленном комплексе приводит к повышению требований к автотракторной технике и порождает новые тенденции в проектировании машин и процессов контроля основных параметров их работы.

Основные тенденции и технические проблемы, с которыми сталкиваются при разработке новых цифровых технологий, связаны с усложнением двигателей, что в свою очередь, требует большего количества микросхем и расширения электронной компонентной базы.

Второй тренд развития автотракторной техники связан с внедрением широкой автоматизации процессов управления совокупной работой силового агрегата, трансмиссии и оборудования, с целью обеспечения наиболее эффективных режимов функционирования.

Третий тренд связан с увеличением внедрения электросиловых агрегатов и увеличение доли автотракторной техники, использующей альтернативные топлива, к которым можно отнести биотоплива и газ. Внедрение новых видов топлив связано с технологией управления процессом его сжигания.

Существующие в настоящее время тенденции в области автотракторостроения связаны с увеличением потребности электронных систем управления и необходимостью развития электронной компонентной базы.

Электронная компонентная база Российской Федерации в значительной степени состоит из импортных комплектующих и по различным данным их доля составляет около 75 %.

Необходимость увеличения отечественной компонентной базы отражается в государственной политике, в виде выделения субсидий Министерством промышленности и торговли Российской Федерации, развития технопарков, реализации национального проекта развития электронной промышленности России.

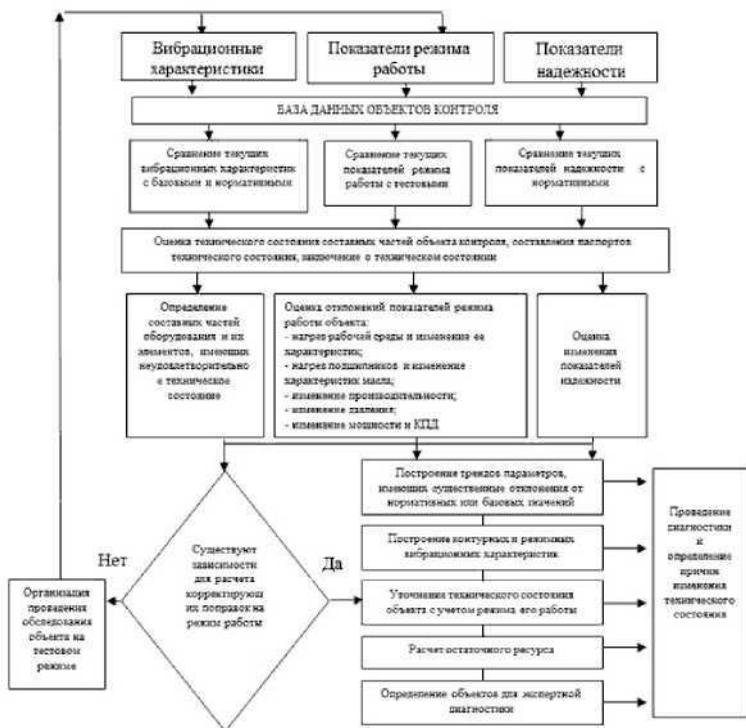
Важность развития собственной электронной компонентной базы обусловлена необходимостью иметь технологический суверенитет. Также все более важными становятся вопросы электронной безопасности, тестирования ввозимых электронных компонентов.

Развитие отечественной электронной компонентной базы является необходимым условием для широкого внедрения систем контроля технологических процессов, глубокого уровня автоматизации технических систем с целью повышения их эффективности.

Следующим этапом развития цифровых технологий является широкое внедрение беспроводных систем передачи данных для контроля и управления технологическими процессами, что особо актуально для прицепных машин и агрегатов. Технические системы могут быть оснащены различными системами контроля. Общий алгоритм оценки технического состояния технической системы может быть аналогичен представленному на рисунке 1.

Следует учитывать, что оснащение системами контроля должно осуществляться из принципа достаточности, т.к. избыточность контролируемых параметров не приведет к повышению точности, но может снизить надежность самой контролирующей аппаратуры.

Для контроля и прогнозирования параметров эффективности работы технических систем могут быть использованы методы оценки, базирующиеся на выявлении величины отклонения от заданного значения либо выхода за допустимые границы.



**Рисунок 1 - Алгоритм оценки технического состояния технической системы**

Выбор методики построения контрольных карт для индивидуальных значений и скользящих размахов зависит от того, заданы ли стандартные значения показателя или нет, при этом существуют два варианта.

1. Стандартные значения не заданы.

Необходимо собрать предварительные данные о протекании процесса. Для этого выполняют несколько измерений параметра. На

параметра:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

основе собранных данных рассчитывают среднее значение  $\bar{x}$  и среднее значение скользящего размаха:

$$\frac{X + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

$$R = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (X_i - X_{i-1}) \quad (2)$$

где  $x$  - значения параметра;  $N$  - число измерений при предварительном сборе данных.

Значения для центральной линии, нижнего и верхнего контрольного пределов для  $x$  карты:

$$CL = \bar{x}; \quad LCL = \bar{x} - 2,66R; \quad UCL = \bar{x} + 2,66R; \quad (3)$$

для  $R$  карты:

$$CL = \bar{R}; \quad LCL = 0; \quad UCL = 3,267R \quad (4)$$

2. Стандартные значения заданы (т.е. заданы  $x_0$ ,  $\sigma_0$  и возможно  $R_0$ ).

Значения для центральной линии, нижнего и верхнего контрольного пределов:

для  $x$  карты:

$$CL = x_0; \quad LCL = x_0 - 3\sigma_0; \quad UCL = x_0 + 3\sigma_0; \quad (5)$$

$$CL = R \text{ (если } R_0 \text{ задано) или } CL = 1,128\sigma_0 \text{ (если } R_0 \text{ не задано);} \quad (6)$$

$$LCL = 0; \quad UCL = 3,686 \sigma_0.$$

Таким образом, применение предлагаемой системы непрерывного контроля диагностических параметров возможно с использованием методов прогнозирования в контрольных режимах. Ведение индивидуальных карт технического состояния позволяет корректировать периодичность технического обслуживания и ремонта, прогнозировать остаточный ресурс агрегатов и систем, что позволяет рациональнее организовать технический сервис.

Определение текущего состояния технической системы необходимо для эффективного планирования её обслуживания и управления поставками запасных частей. Задача оптимизации поставок запасных частей является сложной, т.к. основывается на решении многофакторной задачи. Общие затраты, связанные с запасами, представляют собой сумму затрат на закупку, пополнение запаса и содержание запаса.

Общие затраты, руб., связанные с запасами,

$$T = C_1 + C_2 + C_3 \quad (7)$$

где  $C_p$  - затраты на закупку запаса, руб.;  $C_{pz}$  - затраты на пополнение запаса, руб.;  $C_c$  - затраты на содержание запаса, руб.

Внедрение предлагаемого метода непрерывного контроля диагностических параметров дает возможность прогнозирования надежности машин, выявления потенциальных отказов и их предупреждения, что позволяет выполнять техническое обслуживание машин с учетом их фактического состояния.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

ГДидманидзе, О. Н. О перспективах развития автомобильного транспорта в агропромышленном комплексе / О. Н. Дидманидзе, А. М. Карев, Г. Е. Митягин // Международный научный журнал. - 2016. -№ 1.- С. 53-65.

2. Патент № 2743092 С9 Российская Федерация, МПК G01M 15/00, G01M 15/05. Способ и система контроля параметров технического состояния двигателя внутреннего сгорания : № 2019118838 : заявл. 17.06.2019 : опубл. 22.02.2022 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. Н. Яшин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет».

3. Варнаков, Д. В. Применение контрольных карт Шухарта в системах измерения параметров / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин // Аграрный научный журнал. 2018. -№ 2.- С. 54-58.

4. Варнаков, Д. В. Использование диагностических параметров при оценке и прогнозировании параметрической надежности двигателей автотранспортных средств : монография / Д. В. Варнаков. - Ульяновск: УлГУ, 2013. - 124 с. - ISBN 978-5-88866-486-5.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614322 Российская Федерация. Оценка эффективности управления процессами технического обслуживания и ремонта машин : № 2018611398 : заявл. 13.02.2018 : опубл. 04.04.2018 / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин, М. Е. Дежаткин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет».

6. Ерохин, М. Н. Цифровые технологии в техническом сервисе АПК / М. Н. Ерохин, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, М. Ю. Карелина // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. - 2021. - С. 34-43.

7. Трухачев, В. И. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // В сб.: Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы. - 2022. - С. 15-21.

8. Варнаков, Д. В. Применение распределенных сетей в задачах прогнозирования и управления / Д. В. Варнаков, А. В. Бугаев, В. В. Варнаков // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. - 2022. - С. 57-65.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018613761 Российская Федерация. Оптимизация размещения пунктов технического обслуживания машин : № 2018611109 : заявл. 07.02.2018 : опубл. 22.03.2018 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, М. Е. Дежаткин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет».

9. Пуляев, Н. Н. Цифровизация сельского хозяйства России: особенности, трудности и перспективы / Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, Д. Г. Асадов // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. - 2022. - С. 66-72.

10. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. - 2020. - № 11 (281).-С. 39-43.

*Об авторах:*

**Варнаков Дмитрий Валерьевич**, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, доцент, vamdm@mail.ru.

**Бугаев Александр Вячеславович**, первый заместитель Министра просвещения Российской Федерации (127006, Российская Федерация, Москва, ул. Каретный Ряд, д. 2), кандидат технических наук.

**Юденичей Андрей Николаевич**, младший научный сотрудник ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (121467, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10).

*About the authors:*

**Dmitrii V. Varnakov**, professor of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), associate professor, vamdm@mail.ru.

**Aleksandr V. Bugaev**, First Deputy Minister of Education of the Russian Federation (127006, Russian Federation, Moscow, Karetny Ryad str., 2), Cand.Sc. (Engineering).

**Andrey N. Yudenichev**, Junior Researcher at the FAI «25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10).